

## Ólommentes forraszanyagok nedvesítésvizsgálata: Sn-Ag/Cu rendszer

*Az ólommentes forraszanyagok egyik legtöbbet alkalmazott családja az Sn-Ag ötvözet. Vizsgálataink során különböző hőmérsékleteken és összetételben vizsgáltuk egy Sn-Ag ötvözet nedvesítését rézfelületen. Az ezüsttartalom növelésével csökken a peremszög, azaz javul a nedvesítés. A hőmérséklet emelésével viszont azt tapasztaltuk, hogy az  $\text{Sn}_5\text{Cu}_6$  intermetallikus fázis mellett  $\text{SnCu}_3$  összetételű fázis is megjelenik, valamint az Sn-Ag ötvözet a rézfelületet jelentős mértékben oldja, így a határfelület kráter alakú.*

Az ólomtartalmú forraszanyagok fontos szerepet játszanak az ipar sok területén mind a mai napig. Különböző környezet- és egészségvédelmi megfontolások az ólomnak a köznap tárgyak anyagaiból történő kivonását eredményezték. Az ólom többek között a gyermekek idegrendszeri fejlődésére nagyon káros hatású, ami a fent említett folyamatot megindította. Ennek köszönhetően az ólomot kivonták a festékiparból, a nyomdatechnikából, a gyermekjátékokból és az egyik legnagyobb mennyiségben ólomot felhasználó területről, a lágyforrasztás forraszanyagaiból. Az uniós előírásoknak megfelelően azonban ezeket az ólomtartalmú forraszanyagokat fokozatosan kell kivezetni a technológiákból. A leggyakrabban alkalmazott, kétalkotós, ólommentes forraszanyagok az Sn/0,5–0,8% Cu és az Sn/3–4% Ag. Az ólom forrasztásra gyakorolt hatását biztosítandó a kutatásokban, sok esetben három- vagy többalkotós ötvözetek viselkedését vizsgálják [1]. Az ólommentes elektronikai forrasztóanyagok alkalmazására való átállást elsősorban a megoldatlan minőségbiztosítási nehézségek késleltetik. Az ilyen ötvözetek felhasználásakor gyakran jelentkezik öntükrisztály-képződés, amely a gyártott eszközök működésében zavarokat, sőt zárlatot is okozhat. Emellett, a képződő intermetallikus fázisok miatt, a forrasztott kötés erőssége és tartóssága is nehezebben biztosítható.

Számos fémolvadék–szilárdfém pár esetében a nedvesítés során a

fémolvadék a szilárd alapfémot oldja. Ebben az esetben az olvadék–szilárdfém határfelület nem marad sík, hanem kráterszerű mélyedés alakul ki. Az oldódással kísért nedvesítésre tipikus példaként hozzák fel az irodalomban az ónolvadék–bizmut rendszert [2]. Sharif és munkatársai Sn-Ag és Sn-Pb ötvözetek viselkedését hasonlították össze rézfelületen. A szubsztrát anyag nagyon gyors oldódását figyelték meg mindkét forraszanyag esetén a kezdeti stádiumokban. Megállapították, hogy a Sn-Ag esetében az alapfém nagyobb mértékben oldódik, mint a Sn-Pb ötvözet esetében. Meghatározták a réznek az Sn-Ag és Sn-Pb ötvözetekbe való beoldódásának az aktiválási energiáját. A Sn-Pb ötvözetbe (116 kJ/mol) a réznek a beoldódáshoz szükséges aktiválási energia kétszerese az Sn-Ag ötvözetbe (54 kJ/mol) képest.

Kozlova és munkatársai az egyensúlyi (nemreaktív) és a nemegyensúlyi (oldódással kísért) nedvesítést és a forraszanyagban történő áramlásokat vizsgálták [3]. Cu-Ag ötvözeteket vizsgáltak rézfelületen. A réz beoldódása a cseppbe szignifikánsan megnövelte a csepp terjedési sebességét.

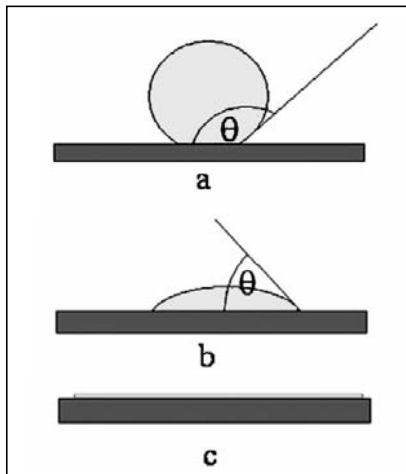
Gnecco és munkatársai három- és többalkotós ötvözetek nedvesítőképességét vizsgálták [1]. Au-In-Sn és Bi-In-Sn ötvözeteket vizsgáltak elsősorban rézfelületen. A nedvesítőképesség az ötvözet összetételétől függően változott. Oldódással kísért nedvesítés helyett különböző nedvesítési módok jelentkeztek. Gnecco és

munkatársai megfigyelték, hogy a szilárd–folyadék határrétegben különböző összetételű rétegek, vegyületek alakulnak ki, illetve kialakulhattak elszigetelt foltokban is ilyen vegyületek a határfelületen. Megállapították, hogy az In-Sn rendszer nagy Sn-tartalommal nagyon hasonló nedvesítőképességgel rendelkezik, mint a Pb-Sn rendszerek. A háromalkotós rendszereknél megfigyelték, hogy minél nagyobb az In-tartalom, annál kisebb mértékben jelentkeznek a különböző rétegek, annál vékonyabbak lesznek, ezzel növelve az ötvözet nedvesítőképességét.

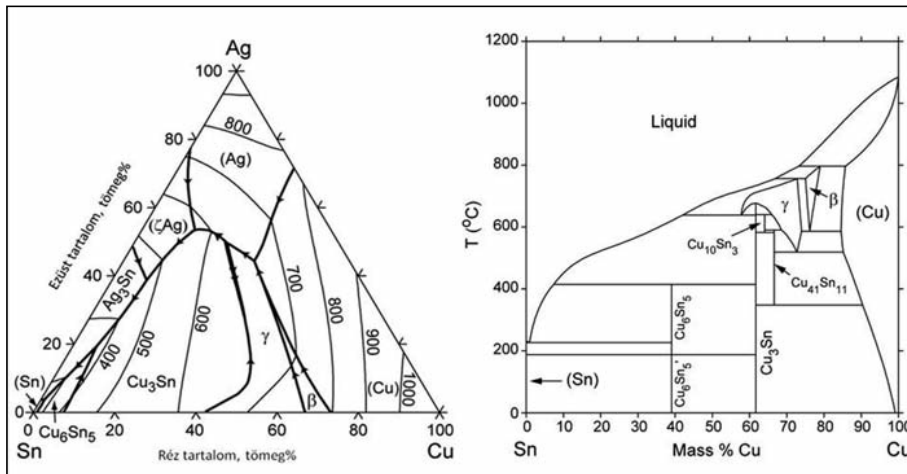
Yoon és kollégái a réz és nikkel hatását vizsgálták Sn-Ag ötvözetek esetén rézfelületen [4]. A Sn-Ag-Ni ötvözet esetében vizsgálták a nikkel hatására kialakuló intermetallikus fázisokat, és hasonlították össze a Sn-Ag-Cu ötvözetre vonatkozó tapasztalatokkal. A nedvesítési vizsgálatoknál az Sn-Ag-Cu esetében a nedvesítés jóval nagyobb volt, míg Ni jelenlétében a nedvesítés csökkent. A réznek tehát pozitív, míg a Ni-nek negatív hatása van a nedvesíthetőség szempontjából.

Warren és munkatársai [5] modellezték az oldódáskísért nedvesítés jelenségét. Azt tapasztalták, hogy az Sn/Bi rendszerben a gőz-folyadék-szilárd vonal alakját és a folyadék terülésének mértékét az olvadékba beoldott komponensek határfelületről történő diffúziója befolyásolja. Számításai közvetlen következménye, hogy az egyensúlyi forma létrejötte előre jelzi a csepp terjedését, az alapfém oldódását.

Yin és munkatársai a reaktív nedvesítés két alapvető típusa közti különbségeket vizsgálták [6]. Az egyszerűbb nedvesítés során az alapfém beoldódik az olvadékfázisba. A komplexebb folyamat magában foglalja nemcsak a beoldódást, hanem a határfelületen létrejövő vegyületeképződést is. Az alapvető különbségeket



■ 1. ábra. A peremszög értelmezése: a) nemnedvesítés; b) nedvesítés; c) tökéletes nedvesítés esetén



■ 2. ábra. Ezüst-ón-réz háromalkotós egyensúlyi fázisdiagram [10] és az ón-réz kétalkotós egyensúlyi fázisdiagram [11]

a tanulmányaikban a tisztán csak oldódó Bi-Sn és a komplexebb, vegyületeket képző Au-Sn rendszereken keresztül vizsgálták. A határfelületen jelentkező intermetallikus fázisok rontják a kötés erősségét.

Az egyensúlyi és nemegyensúlyi nedvesítés modellezésével, a határfelületen ébredő erők viszonyaival foglalkozik Kaptay összefoglaló cikkében [7].

Irodalomkutatás alapján azt állapítottuk meg, hogy a fémolvadék-szilárd fém rendszert elsősorban vákuumban vizsgálták. Így vizsgáltunk célja az volt, hogy az Sn-Ag/Cu rendszer nedvesítési viszonyait vákuumban és forrasztófolyadék alkalmazása mellett is megvizsgáljuk, és az eredményeket összevessük, mivel a forrasztástechnológiában nagy szerepe van a forrasztófolyadékok alkalmazásának.

### A nedvesítés értelmezése

A forrasztási folyamatot a folyadék-szilárd határfelület fizikai kémiai tulajdonságai határozzák meg, valamint a forrasztás elvégzéséhez használt környezet.

A peremszög az egymással kontaktusban lévő szilárd és folyékony fázis határfelületi viselkedésére jellemző. A nedvesítés mértékét a peremszöggel jellemezhetjük, mely a folyadék, gáz és a szilárd fázis érintkezési pontjában (ún. hármaspont) a folyadékcsepp kontúrához húzott érintő és a szilárd felület síkja közötti szög a folyékony fázis

irányában (1. ábra) [8, 9]. Akkor figyelhető meg legjobban a nedvesítés, ha pl. egy kisméretű fémolvadékcseppet helyezünk el egy szilárd anyag sík felületén. Ekkor a fémolvadék jellegzetes alakot vesz fel, amely lehet gömb, félgömb vagy teljesen elterülő, attól függően, hogy a rendszerben milyen felületi feszültség és adhéziós energia uralkodik.

A peremszög és a határfelületi energiák között érvényes a Young-egyenlet:

$$\cos\Theta = \frac{\sigma_{cv} - \sigma_{cl}}{\sigma_{lv}} \quad (1)$$

ahol:  $\sigma_{cv}$  – a kerámia és a vákuum között érvényes határfelületi energia, J/m<sup>2</sup>

$\sigma_{cl}$  – a kerámia és az olvadék között érvényes határfelületi energia, J/m<sup>2</sup>

$\sigma_{lv}$  – az olvadék és a vákuum között érvényes felületi feszültség, J/m<sup>2</sup>

A Young-egyenlet (1) jelentősen egyszerűsödik, ha figyelembe vesszük a kerámia és a fémolvadék között érvényes, ún. adhéziós energiát, amely a definíció szerint:

$$W = \sigma_{cv} + \sigma_{lv} - \sigma_{cl} \quad (2)$$

Az adhéziós energia 0-nál mindig pozitívabb szám, mértékegysége szintén J/m<sup>2</sup>. Minél nagyobb a W értéke, annál erősebb a fémolvadék és az alapfém, jelen esetben a fémolvadék és a szilárd fém közötti kölcsönös vonzás, azaz az adhézió.

Ha a (2) egyenletet az (1) egyen-

letbe helyettesítjük, a peremszögre a következő összefüggést kapjuk:

$$\cos\Theta = \frac{W}{\sigma_{lv}} - 1 \quad (3)$$

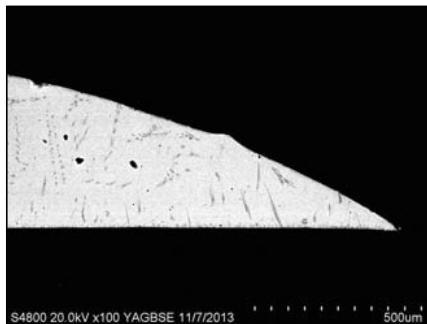
A peremszög értéke 0–180° értéket vehet fel, mely értékek, valamint az energiák arányai szemléletesen jellemzik a rendszerben uralkodó nedvesítési viszonyokat. A (3) alapján a peremszögnek különböző tartományai állapíthatók meg:

a)  $\Theta \geq 90^\circ$ : az olvadék nem nedvesíti a szilárd fémét, az adhéziós energia kisebb az olvadék felületi feszültségénél;

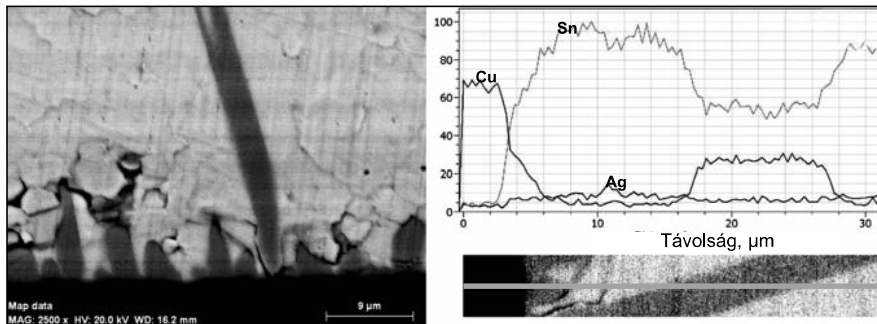
b)  $\Theta < 90^\circ$ : az olvadék nedvesíti a szilárd fémét; az adhéziós energia az olvadék felületi feszültségénél nagyobb (de kevesebb, mint annak kétszerese);

c)  $\Theta = 0^\circ$ : az olvadék tökéletesen nedvesíti a szilárd fémét; az adhéziós energia legalább kétszerese az olvadék felületi feszültségének [8].

Kutatásaink során ón-ezüst ötvözet nedvesítési viselkedését vizsgáltuk rézfelületen. Így tulajdonképpen egy háromalkotós rendszert kell vizsgálnunk. A 2. ábrán látható az ezüst-ón-réz rendszer háromalkotós fázisdiagramja. Kis ezüsttartalmú óntötvözet alkalmazása során három intermetallikus fázis, az Ag<sub>3</sub>Sn, a Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>, illetve a Cu<sub>3</sub>Sn keletkezésével is számolnunk kell. Esetünkben tehát az oldódással kísért nedvesítés jelensége mellett a reaktív nedvesítés is előfordulhat, azaz nemcsak beoldódási kráter keletkezhet, hanem a határfelületen vegyületfázis is.



■ **3. ábra.** A 0,5% Ag-Sn/Cu rendszer keresztmetszeti csiszolata (levegőn, forrasztóvízzel 300 °C-on olvasztott minta)



■ **4. ábra.** A levegőn, forrasztóvízzel 300 °C-on vizsgált 0,5% Ag-Sn/Cu rendszer szilárd/folyadék határrétege, és annak vonal menti elemeloszlása

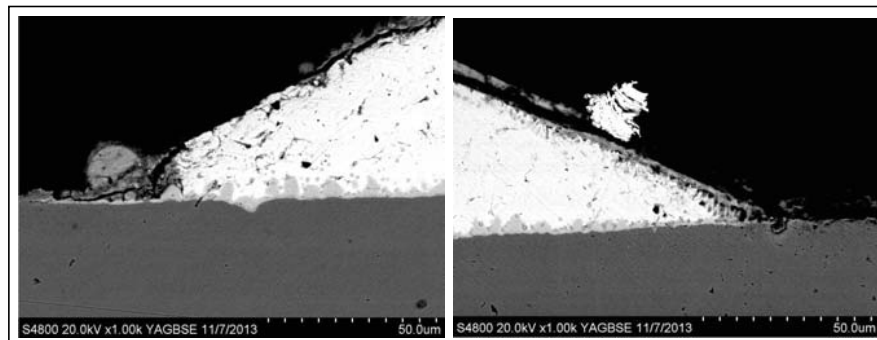
## A kísérletek leírása

A nedvesítési kísérleteket kétféle berendezésben végeztük el. Egyik esetben a fémtani tanszéken lévő vízszintes csőkemencében. Ebben az esetben levegőn dolgoztunk. Az oxidáció elkerülése érdekében a mintákra forrasztóvizet cseppentettünk (MSZ EN 29454-1:1999). A kísérlet során ebben az esetben a kemencét előmelegítettük a vizsgálati hőmérsékletre, majd a mintát a mintatartón elhelyeztük, és a kemencét egy sín segítségével a mintára rá tudtuk húzni. Így a minta a vizsgálati hőmérsékleten minden esetben csak a tervezett ideig volt hőn tartva, azaz 2 percig. A másik esetben hevítőmikroszkópot használtunk. Ez egy vákuumozható vízszintes csőkemence. A hevítőmikroszkópban a mintát forrasztóvíz nélkül olvasztottuk meg,  $10^{-4}$  mbar vákuumban. A hevítőmikroszkópban végzett kísérleteknél a mintát a még szobahőmérsékletű kemencében helyeztük el, és a kemencét a mintával együtt melegítettük a kísérleti hőmérsékletre. Amikor ezt a hőmérsékletet elértük, a rendszert 2 percig hőn tartottuk, majd a fűtést kikapcsolva hagytuk a mintát a kemencével együtt kihűlni. Ebben az esetben természetesen a minta jóval hosszabb időt tud kontaktusban tölteni az alapfémmel, azaz a szilárd fázis diffúzióval is számolni kell.

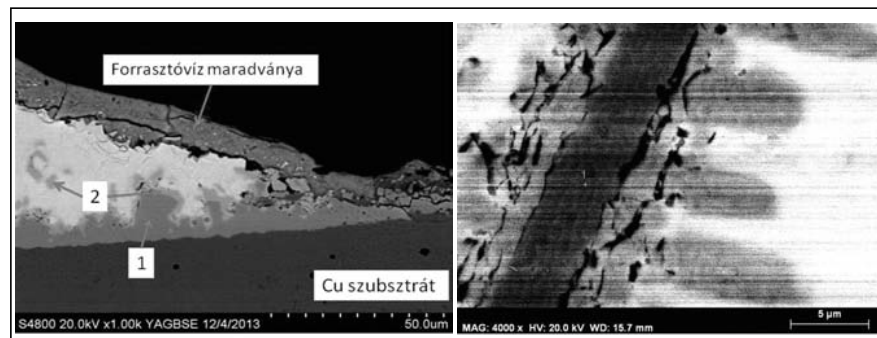
A nedvesítésvizsgálatok után a mintákat a felületükön lévő szennyeződéstől (forrasztóvízes kísérlet esetén a forrasztóvíz maradványaitól) megtisztítottuk, majd műgyantába ágyaztuk. A mintákat csiszoltuk, políroztuk, majd SEM-EDS-vizsgálatoknak vetettük alá.

**1. táblázat.** Sn-Ag olvadék peremszöge rézfelületen forrasztóvíz alkalmazása mellett, levegőn

A minta sorszáma és összetétele	Peremszög 300 °C-on 2 perc hőn tartás után	Peremszög 400 °C-on 2 perc hőn tartás után
Tiszta Sn	27	-
A1: 0,5% Ag + Sn	23,7	20,8
A2: 1% Ag + Sn	20,7	19,2
A3: 2% Ag + Sn	19,9	19
A4: 3,5% Ag + Sn	21	18
A5: 4% Ag + Sn	18,8	17,5



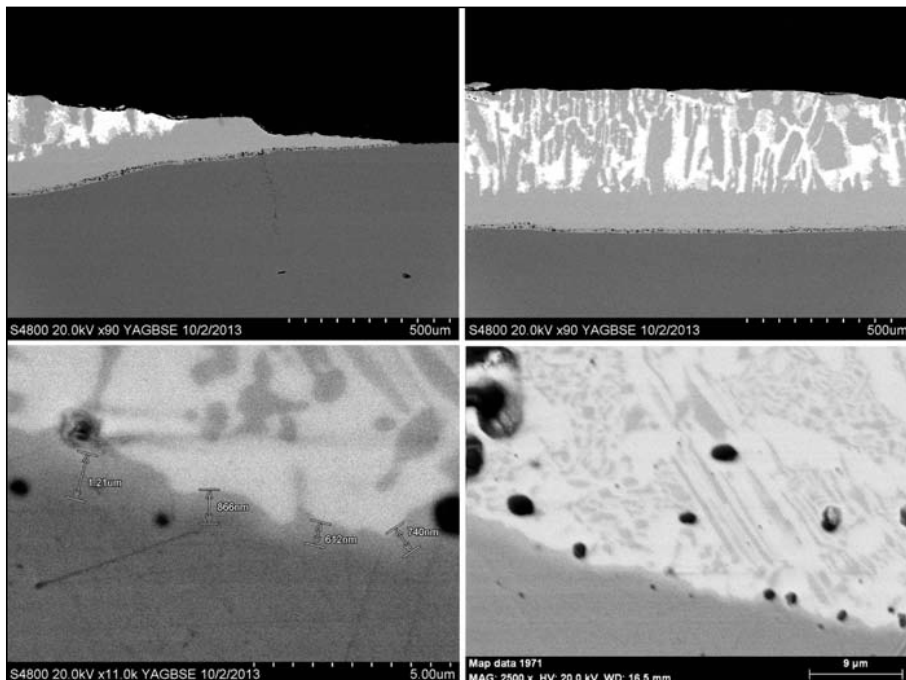
■ **5. ábra.** A 2% Ag-Sn/Cu és a 3,5% Ag-Sn/Cu rendszer keresztmetszeti csiszolatának SEM-felvétele (a mintákat levegőn, forrasztóvízzel 300 °C-on kezeltük)



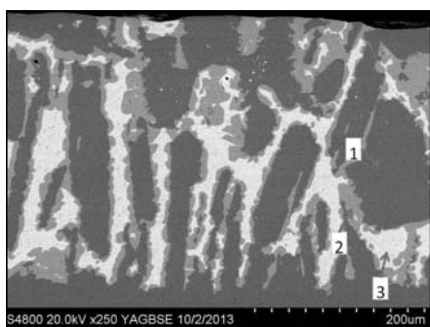
■ **6. ábra.** A levegőn, forrasztóvízzel 400 °C-on vizsgált 0,5% Ag-Sn/Cu rendszer szilárd/folyadék határrétege és egy túkristály nagyított képe

A forrasztóvízzel levegőn végzett peremszögmérés eredményeit az 1. táblázatban foglaltuk össze. A táblázat adatai alapján az ezüsttartalom hatására csökken a peremszög értéke, azaz javul a rendszerben a nedvesítés mértéke.

A 4. ábrán jól látható, hogy az Sn-Ag/Cu határrétegben tűs szerkezetű második fázis alakult ki. A vonal menti elemzés és az EDS-spektrum alapján megállapítható, hogy a határrétegben kialakult tűszerű képződmények



■ 7. ábra. A vákuumban 400 °C-on kezelt 0,5% Ag-Sn/Cu rendszer keresztmetszeti csiszolatának SEM-felvételei



■ 8. ábra. A 7. ábra jobb felső képén látható terület 250 × nagyítású SEM-felvétele

$\text{Sn}_5\text{Cu}_6$  összetételű intermetallikus fázisok. Nagyobb ezüstkonzentráció esetén a levegőn, forrasztóvízzel olvasztott mintáknál is kismértékű kráterképződés figyelhető meg (5. ábra).

Az ón-ezüst forrasztóanyag viselkedését rézfelületen 400 °C-on is vizsgáltuk levegőn, forrasztóvíz alkalmazása mellett. A 300 °C-on végzett kísérletek eredményeivel összehasonlítva, azt tapasztaltuk, hogy a forrasztóanyagban nem csak egyféle intermetallikus fázis azonosítható.

A 6. ábra bal oldali felvételén jól látható a kétféle intermetallikus fázis megléte, amelyek ridegek, ahogy a felvételen is látszik, már a hűlés közben is összeropedeztek. Látható egy sötétebb szürke árnyalatú mag, amelynek a réztartalma 74 atom%,

ezüstartalma 0% (1. jel), és erre ráncs egy világosszürkebb intermetalloid, amelynek a réztartalma 53 atom% és az ezüstartalma ugyancsak 0% (2. jel). A központi mag nagy valószínűség szerint  $\text{SnCu}_3$ , míg a rákristályosodott rész  $\text{Sn}_5\text{Cu}_6$  összetételű. A 6. ábrán jól látható, hogy az Sn-Ag ötvözet a rézalapanyagba krátert mart.

### Olvasztás vákuumban

A  $10^{-4}$  mbar vákuumban végzett kísérletek esetén nem használtunk folyasztószert. A mintát 400 °C kísérleti hőmérsékleten 2 percig tartottuk hőn. Az így kezelt minta keresztmetszeti csiszolatának SEM-felvételét a 7–8. ábrán mutatjuk be.

Az ezüst-ótvözet peremzöge ebben az esetben kb. 5° lett. A felvételeken jól látható, hogy a megszilárdult forrasztó mikroszerkezete teljes egészében más, mint a korábbi esetekben. Jól látható a beáramló kráter a rézfelületen.

A SEM-felvételek alapján látható, hogy az Sn-Ag/Cu határrétegben különböző összetételű és morfológiájú rétegek alakultak ki. A rézfelületen közvetlenül egy vékony, homogénnek tűnő ón-réz ötvözetréteg található. Ezt követően lemezes, szemcsés formában megjelenő  $\text{Sn}_5\text{Cu}_6$  interme-

tallikus fázisú terület figyelhető meg. Ebben az esetben az is érdekes, hogy ennek a rétege nem tökéletes, mivel nagymértékben porózus. Ezt a sávot egy újabb, homogén, kiválásoktól mentes ötvözet rész váltja fel. A minta felső harmadában újabb intermetallikus kiválások vannak.

A rézfelület-forrasztóanyag határon kb. 0,8 μm vastag 72,3% Cu és 27,6% Sn-tartalmú réteg alakult ki, ami nagy valószínűség szerint  $\text{Cu}_3\text{Sn}$  fázist tartalmaz. Az ezt követő lemezes szerkezetű területben a sötétszürkebb fázisok Cu-tartalma 69%, ami azt jelenti, hogy ebben a rétegben is  $\text{Cu}_3\text{Sn}$  fázis alakult ki.

A 8. ábrán az 1. jelű hely összetétele tömegszázalékban: 61,02% Cu és 38,98% Sn. A 2. jelű helyé: 37,81% Cu és 62,19% Sn, míg a 3. jelű helyé: 1,44% Cu, 3,48% Ag és 95,08% Sn. Ebben az esetben az 1. és 3. ponttal jelölt helyen homogén szilárd oldat, míg a 2. jelölt helyen  $\text{Sn}_5\text{Cu}_6$  fázis lehet.

### Összefoglalás

Kísérleteink során ón-ezüst ötvözet nedvesítési vizsgálatával foglalkoztunk. Meghatároztuk különböző Ag-tartalmú ötvözetek peremzögét rézfelületen, levegőn, forrasztóvíz alkalmazása mellett 300 °C és 400 °C-on, valamint vákuumban 400 °C-on, forrasztóvíz alkalmazása nélkül. Megállapítottuk, hogy az ezüstartalom növelésével csökken a peremzög.

Az Sn-Ag/Cu rendszer keresztmetszeti csiszolatán SEM-EDS-vizsgálatokat végeztünk. Megállapítottuk, hogy 300 °C-on levegőn, forrasztóvíz jelenlétében, a határfelületen és a forrasztóanyagban is  $\text{Sn}_5\text{Cu}_6$  intermetallikus tűkristályok jelennek meg. A 400 °C-on végzett kísérletek esetében azt tapasztaltuk, hogy az intermetallikus tűkristályok egy központi  $\text{SnCu}_3$  összetételű magból és egy rákristályosodott  $\text{Sn}_5\text{Cu}_6$  összetételű rétegből állnak. A kialakult intermetallikus fázis összetételében tapasztalt különbség oka az, hogy a réz az ónban jobban oldódik nagyobb hőmérsékleten, így nagyobb rézkonzentráció alakul ki, ami pedig a  $\text{SnCu}_3$  fázis megjelenésének kedvez.

## Köszönetnyilvánítás

A kutatómunka a TÁMOP-4.2.2.-A-11/1/KONV-2012-0019 jelű projekt részeként az Európai Unió támogatásával és az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Ezúton szeretnénk köszönetünket kifejezni Kaptay Györgynek szakmai tanácsaiért, Janovszky Dórának az ötvözetek elkészítéséért, valamint Márkus Zoltánnénak, Molnár Jánosnénak a minták előkészítésében nyújtott segítségéért.

## Irodalom

- [1] F. Gnecco, E. Ricci, S. Amore, D. Giuranno, G. Borzone, G. Zanicchi, R. Novakovic: Wetting behaviour and reactivity of lead free Au–In–Sn and Bi–In–Sn alloys on copper substrates, *International Journal of Adhesion and Adhesives* Volume 27, Issue 5, 2007, Pages 409–416.
- [2] Ahmed Sharif, Y. C. Chan: Dissolution kinetics of BGA Sn–Pb and Sn–Ag solders with Cu substrates during reflow, *Materials Science and Engineering B106* (2004) 126–131.
- [3] O. Kozlova, R. Voytovych, P. Protsenko, N. Eustathopoulos: Non-reactive versus dissolutive wetting of Ag–Cu alloys on Cu substrates, *J. Mater Sci* (2010) 45:2099–2105.
- [4] Jeong-Won Yoona, Bo-In Noha, Bong-Kyun Kimb, Chang-Chae Shura, Seung-Boo Junga: Wettability and interfacial reactions of Sn–Ag–Cu/Cu and Sn–Ag–Ni/Cu solder joints, *Journal of Alloys and Compounds*, Volume 486, Issues 1–2, 3 November 2009, Pages 142–147.
- [5] J. A. Warren, W. J. Boettinger, A. R. Roosen: Modeling reactive wetting, *Acta Materialia*, Volume 46, Issue 9, 1998, Pp 3247–3264.
- [6] Liang Yin, Anjali Chauhan, Timothy J. Singler: Reactive wetting in metal/metal systems: Dissolutive versus compound-forming systems, *Materials Science and Engineering: A* Volume 495, Issues 1–2, 2008, Pages 80–89
- [7] Kaptay Gy.: Határfelületi jelenségek a fémessanyaggyártásban. 2. rész, *A határfelületi összehúzó erő*, BKL Kohászat, 142. évfolyam, 6. szám, 2009
- [8] N. Eustathopoulos, M. Nicholas, B. Drevet: Wettability at high temperatures, vol. 3 Oxford: Pergamon Materials Series
- [9] Kaptay Gy.: Kerámiával erősített fémmátrixú kompozitok gyártásának határfelületi vonatkozásai I. A határfelületi kritériumok levezetése, *BKL Kohászat*, 1997. 5–6. szám, 130. évf. 201–208.
- [10] <http://www.metallurgy.nist.gov/phase/solder/agcusn.html>
- [11] <http://www.metallurgy.nist.gov/phase/solder/cusn-w.jpg>

# URBÁN PÉTER – KUN ÉVA – FERENCZI TIBOR – SÓS DÁNIEL – TÖRÖK TAMÁS

## Fémfelületek finomtisztítása levegő-plazmasugaras kezeléssel

**Felülettechnikai laboratóriumunkban számos kutatást végeztünk atmoszférikus nyomású plazmakezelő berendezésünkkel annak érdekében, hogy kifejlesszünk egy környezetkímélő, vegyszerek használata nélkül alkalmazható, újszerű felülettisztítási technológiát. Ebből a célból acéllemezeket mesterségesen szerves dimetil-szulfoxiddal elszennyeztünk, majd több lépésben plazmalánggal tisztítottunk. A felületi tisztaság és a tisztítás hatásfokának meghatározására ködfénykísüléssel optikai emissziós spektroszkópot (GD-OES) használtunk. Jelen vizsgálat eredményei bebizonyították, hogy ezen technológia felülmúlja a hagyományos felülettisztítási eljárásokat, és alkalmas lehet helyettesíteni azokat.**

### 1. Bevezetés

Az atmoszférikus plazmakezelési eljárások ugyanúgy elterjedőben vannak a hagyományos anyagtechnológiai eljárásoknál, mint a csúcstechnikájú ipari környezetben. Mindamellett ezen felületkezelési technikák, a plazma-felülettisztítás és a plazma-

polimerizáció még mindig fejlődő fázisban vannak, ami tovább ösztönöz arra, hogy kutassuk ezek újabb felhasználási lehetőségeit, mint például a fémek felületén létrehozható vékony védőrétegek kialakításának módszereit. Hidegen hengerelt acélok például előkezeltek, és gyakran különböző hagyományos technikák-

kal bevonatokat alakítanak ki felületükön, ezen a területen is van még lehetőség további vizsgálatokra, fejlesztésekre.

### 2. Felülettisztítás atmoszférikus plazmával

Az atmoszférikus plazmaberendezés mindig 1 bar nyomáson üzemel. A plazmahőmérséklet és a tisztítás hatásfoka a gázösszetételtől függ. Nagy előnye, hogy a működtetéshez nincs szükség vákuumra. Viszonylag alacsony hőmérsékletű a plazmaláng, a töltött részecskék sűrűsége pedig  $10^{11}$ – $10^{19}$  cm<sup>-3</sup> [1]. A plazmatisztítás elvét az 1. ábra szemlélteti.

A bevonatolási és ragasztási eljárásoknál az adhézió és a nedvesíthetőség a két legfontosabb felületi tulajdonság. Plazmakezeléssel sok idő és